

TITLE OF THE INVENTION

WASHING METHOD, METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR
DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING ACTIVE MATRIX-TYPE
DISPLAY DEVICE

5 CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

This application is based upon and claims the benefit of priority from the prior Japanese Patent Application No. 2000-275156, filed September 11, 2000, the entire contents of which are incorporated herein by reference.

10 BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

本発明は、半導体、液晶ディスプレイ、電子デバイス等の精密洗浄に用いる超音波発振電源に関する。

2. Description of the Background Art

半導体の製造工程では微小なゴミの粒子であるパーティクルが歩留まり低下の大きな原因の一つである。そこで、半導体、液晶ディスプレイ、電子デバイス等の製造工程では、種々の微細加工の前後で、半導体、液晶ディスプレイ、電子デバイス等に付着したサブ・ミクロンオーダのパーティクルを洗浄除去している。

通常、これらの洗浄は、洗浄液として薬液を用いる化学洗浄と、その洗浄液に超音波を印加する超音波洗浄等の物理洗浄が併用して用いられている。化学洗浄は微粒子の除去に有効であり、一方、物理洗浄は強固に付着した比較的大きな粒子の除去に有効である。

この洗浄工程では、洗浄を行う際の除去せねばならない粒子の大きさは0.1 μ mオーダであり、洗浄液中には金属イオンの溶出が無いようにしなければならない。このような洗浄工程で用いられる超音波処理装置としては、ディップタイプとスリットタイプとがよく用いられている。ディップタイプは、半導体、液晶ディスプレイ、電子デバイス等の被洗浄体が入れられた洗浄槽中に処理液を満たし、洗浄槽の底面または側面に振動板と共に取り付けられた超音波振動子から、超音波を洗浄槽に放射して、処理液に超音波振動を加えて、洗浄を行うものであ

る。

ただし、ガラス基板の場合、そのサイズが 1 m 角以上、または半導体基板の場合、そのサイズが 12 インチ以上等、表面処理や加工する面での寸法が大型になると、ディップタイプで 1 つのキャリアに、例えば、25 枚ずつ被処理体を入れて同時に処理を行うことは難しい。そのため、スリットタイプで 1 枚ずつの処理で行う枚葉式を用いることが多い。このスリットタイプでは、通常、コンベアでワーク（被処理体）を移送し、この過程で洗浄等の種々の必要な処理が行われている。
5

スリットタイプの洗浄ユニットは、スリットが形成された中空状の本体を有する。この本体には処理液の供給管が接続されていて、この供給管から本体内へ供給された処理液がスリットから流出するように構成されている。
10

本体の内部には処理液の流路に面して薄い金属板や石英板などからなる振動板が設けられている。この振動板には振動子が接着固定されている。振動板の共振周波数は、古くは 25 ~ 100 kHz が用いられてきたが、被洗浄体が受けるダメージが小さいことから MHz 帯の超音波が最もよく用いられている。振動子に電圧を印加して振動板を超音波振動させれば、本体内に流入した処理液に超音波振動が付与され、スリットから流出する処理液によって被処理体の洗浄を行っている。
15

しかしながら、近年の半導体基板や液晶表示装置用のガラス基板に形成されるパターンの微細化により、従来ではダメージが小さいと言われていた MHz 帯の超音波によっても、微細パターンに対しては、ダメージが発生していることが確認されてきている。また、超音波が半導体基板を形成しているシリコン結晶自体にもダメージを与えていていることも確認されている。
20

これらの微細パターンに対するダメージや、シリコン結晶に対するダメージは、製品歩留まりを著しく低下させる。そのため、それらのダメージを低下させるために超音波の出力を下げる考えられるが、そうすることによって、半導体基板の表面に付着しているパーティクルの除去効率が低下し、残留パーティクルにより製品歩留まりが低下する。
25

本発明は、被処理体の表面に付着したパーティイクルの除去効率を低下させることなく、被処理体である半導体、液晶ディスプレイ、電子デバイス等に形成された微細パターンに対してダメージを与えない洗浄方法、半導体装置の製造方法及びアクティブマトリクス型表示装置の製造方法を提供することを目的としている。

5

本発明に係る超音波洗浄方法は、超音波を印加した洗浄液を被洗浄体に供給して、前記被洗浄体を洗浄する超音波洗浄方法であって、前記洗浄液に対して前記超音波を所定間隔でON-OFFを繰り返して印加することを特徴とする。

上記の超音波洗浄方法において、好ましい実施態様は以下の通りである。

10

- (1) 前記超音波をパルス状の搬送波に重畠させていること。
- (2) 前記搬送波の周波数は、前記超音波の発振周波数より低いこと。
- (3) 前記超音波の発振周波数が0.6MHz以上であること。
- (4) 搬送波のデューティー比が80%以下であること。

0
5
10
15
20
25

本発明に係る他の超音波洗浄方法は、第1の超音波を照射して被洗浄物を洗浄する第1の工程と、第2の超音波を照射して被洗浄物を洗浄する第2の工程とを具備することを特徴とする。

上記の超音波洗浄方法において、好ましい実施態様は以下の通りである。

15

- (1) 前記第1の超音波と前記第2の超音波は、位相、波長、振幅のいずれか1つが異なること。
- (2) 前記第2の超音波の波長は、前記第1の超音波の波長の整数倍もしくは整数分の1の波長とは異なること。
- (3) 前記第1の超音波と前記第2の超音波とを順次一定間隔で変えながら被洗浄物を照射して洗浄すること。
- (4) 前記超音波の発振周波数が、0.6MHz以上であること。

20

本発明に係る更に他の超音波洗浄方法は、第1の波長の超音波を照射して被洗浄物を洗浄する第1の工程と、前記第1の波長の整数倍もしくは整数分の1の波長とは異なる第2の波長の超音波を照射して前記被洗浄物を洗浄する第2の工程とを具備することを特徴とする。

本発明に係る半導体装置の製造方法は、幅0.2μm以下、アスペクト比1.

O 以上の凸形状の構造物を含むパターンが形成された表面を、第 1 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程と、第 2 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程により洗浄することを特徴とする。

本発明に係る他の半導体装置の製造方法は、金属配線が露出した表面を、第 1 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程と、第 2 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程により洗浄することを特徴とする。

上記の各半導体装置の製造方法において、前記第 1 の超音波と前記第 2 の超音波は、位相、波長、振幅のいずれか 1 つが異なることが好ましい。

本発明に係るアクティブマトリクス型表示装置の製造方法は、S i 或いは金属配線が露出した表面を、第 1 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程と、第 2 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程により洗浄することを特徴とする。このアクティブマトリクス型表示装置の製造方法において、前記第 1 の超音波と前記第 2 の超音波は、位相、波長、振幅のいずれか 1 つが異なることが好ましい。

なお、上記の各洗浄方法や実施態様或いは製造方法は、適宜組み合わせて適用しても良いし、単独で適用しても構わない。

上記のように本発明によれば、被洗浄体にダメージを与えることなく、精密な超音波洗浄を行うことができる。

Additional objects and advantages of the invention will be set forth in the description which follows, and in part will be obvious from the description, or may be learned by practice of the invention. The objects and advantages of the invention may be realized and obtained by means of the instrumentalities and combinations particularly pointed out hereinafter.

25 BRIEF DESCRIPTION OF THE SEVERAL VIEWS OF THE DRAWINGS

The accompanying drawings, which are incorporated in and constitute a part of the specification, illustrate presently preferred embodiments of the invention, and together with the general description given above and the

detailed description of the preferred embodiments given below, serve to explain the principles of the invention.

図 1 A から 図 1 F は、洗浄の原理のメカニズムの模式図、

図 2 は、シリコンウェハに形成されたダメージの説明図、

5 図 3 A から 図 3 C は、搬送波の波形図、

図 4 は、ダメージの搬送波の周波数依存を示すグラフ、

図 5 A から 図 5 D は、ダメージ発生の推定メカニズムの説明図、

図 6 A から 図 6 F は、ダメージ発生の推定メカニズムの説明図、

図 7 は、ダメージの 1 波形当たりのパルス依存性を示すグラフ、

10 図 8 は、搬送波の周波数とパーティクル除去能力の関係を示すグラフ、

図 9 は、第 2 の実施の形態に係る洗浄方法において照射する超音波パルスの波形を示す図、

図 10 は、第 2 の実施の形態に係る洗浄方法を結晶に適用した場合の欠損結果、

15 図 11 は、第 2 の実施の形態に係る洗浄方法を半導体装置のアクティブエリアの製造に適用した場合の欠損結果、

図 12 は、第 2 の実施の形態に係る洗浄方法を、液晶ディスプレイの製造に適用した場合の欠損結果、

図 13 は、第 3 の実施の形態に係る洗浄方法において照射する超音波パルスの波形を示す図、

20 図 14 は、第 3 の実施の形態に係る洗浄方法を結晶に適用した場合の欠損結果、

図 15 は、第 3 の実施の形態に係る洗浄方法を半導体装置のアクティブエリアの製造に適用した場合の欠損結果、

図 16 は、第 3 の実施の形態に係る洗浄方法を、液晶ディスプレイの製造に適用した場合の欠損結果、

25 図 17 は、第 4 の実施の形態に係る洗浄方法において照射する超音波パルスの波形を示す図、

図 18 は、第 5 の実施の形態に係る洗浄方法を結晶に適用した場合の欠損結果、

図 19 は、第 6 の実施の形態に係る洗浄方法を半導体装置のアクティブエリアの製造に適用した場合の欠損結果、

図20は、第7の実施の形態に係る洗浄方法を、液晶ディスプレイの製造に適用した場合の欠損結果、

図21Aから図21Cは、本発明が適用される半導体装置の概略製造工程、

図22は、超音波洗浄装置の模式図である。

5

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

まず、本発明に係る超音波を用いた物理洗浄による洗浄の原理のメカニズムを、

図1Aから図1Fの模式図を参照して説明する。

半導体、液晶ディスプレイ、電子デバイス等の被洗浄体1には有機汚染物2を
介してパーティクル3が付着している（図1A）。被洗浄体1の表面に洗浄液4
（例えば純水）を流し、図示しない超音波洗浄ユニットから、例えば1. 6MHz
超音波を洗浄液4を介して、被洗浄体1の表面に照射し、表面に付着している
パーティクル3や有機汚染物2に作用させる（図1B）。洗浄液4は、超音波の
照射を受けて、洗浄液4中にOHラジカルが生成される（図1C）。生成された
OHラジカルにより洗浄体1の表面に付着している有機汚染物2が酸化分解する
（図1D）。そして、超音波の照射による振動と、マイクロキャビテーションの
衝撃波によりパーティクル3が被洗浄体1から離脱する（図1E）。パーティクル3
が被洗浄体1からリフトオフして洗浄が終了する（図1F）。

次に、本発明の第1の実施の形態を適用した超音波洗浄の際に発生するダメージについて説明する。本第1の実施形態では、非洗浄体に対して連続して超音波を照射するのではなく、超音波のオン・オフを繰り返して照射することを特徴とする。

まず、以下の条件で被洗浄体に対して超音波洗浄を行った実験結果を基に説明する。

25 被洗浄体サンプル シリコンウェハ P型（1、0、0）面
洗浄装置 枝葉スピン洗浄装置
処理条件 1%希フッ酸溶液（DHF）30sec
→脱気水 1. 6MHz 10min
→オゾン水 1. 6MHz 60sec

→ 1 % D H F 3 0 s e c
→ オゾン水リンス 1 0 s e c
→ スピンドライ 3 0 s e c

超音波出力条件 電源出力 3 0 W

5 これらの条件により被洗浄体 1 であるシリコンウェハ（半導体基板）のシリコン結晶の洗浄を行った場合におけるウェハに対するダメージについて図 2 を参照して説明する。P 型（1、0、0）面水素アニール済シリコシウェハ 1 を、DHF で処理した後に、MHz 洗浄を 10 分間行った。なお、超音波振周波数は、0.6 MHz 以上であることが好ましい。

10 もし、このとき、通常の駆動方式である連続波で駆動した MHz 帯の超音波をシリコンウェハ 1 に照射すると、図 2 に示すように、シリコンウェハ 1 の中央部のシリコン結晶の表面に、最大で $1 \mu m$ 程度のクラック 13 によるダメージが生じる。この現象は、MHz 帯の超音波に 100 Hz の搬送波を重畠させて駆動した場合でも同様に起きることを確認した。

15 さらに、MHz 帯の超音波に重畠する搬送波の周波数を、図 3 A に示した 100 Hz から、上昇させて図 3 B に示すように 200 Hz および、図 3 C に示すように 1000 Hz、さらに、10000 Hz（不図示）で実験を行った。

20 図 4 はその結果を示すグラフで、搬送波の周波数を上げていくとダメージの数は減少していくことが確認できる。なお、搬送波の周波数は、洗浄用の超音波を発振する振動子の共振周波数より低い値であればよい。

この現象の理由について、図 5 A～図 5 D に示す模式図を参照しながら、シリコンウェハの任意のある点に注目して説明する。その点に連続して超音波のパルスが照射されると、超音波はシリコンウェハ 1 の所定深さまで進行する（図 5 A）。超音波が進行した領域のシリコン結晶 12 a、12 b … 12 n は超音波により振動し、振り子のような現象により振幅が徐々に大きくなる。一方、超音波が進行しない領域でのシリコン結晶は、超音波で直接的に振動はしないが、超音波が進行した領域のシリコン結晶の振動に伴って振動し、それに引かれて振動する。それらの境界においてシリコン結晶 12 a、12 b … 12 n に亀裂が生じはじめる、（図 5 B）。さらに、超音波の照射が続くと境界の亀裂が拡大し（図 5

C)。境界の亀裂が更に進行すると境界で破断し、クラック 13 が発生してダメージが生じる（図 5 C）と考えられる。

次に、配線パターンのような構造体の場合を、図 6 A～図 6 D に示す模式図を参考して説明する。構造体 14 に超音波が照射されると、構造体 14 は、超音波

5 の振動により、超音波の進行方向及びその逆方向に振動する（図 6 A、図 6 B）。

さらに、同一箇所で超音波の照射を受けると、構造体 14 の振動は、振り子運動により増幅されて振幅が増大する（図 6 C、図 6 D）。振幅が一層拡大すると破断によるダメージが生じる（図 6 E、図 6 F）。

これらのことから、搬送波の周波数を上げることにより、一回当たりに連続して照射される超音波のパルス数を少なくすれば、増幅して大きくなつた振幅を、超音波のパルスが照射されない時間で緩和することが出来ると考えられる。

図 7 は、ダメージの 1 波形当たりのパルス依存性を示すグラフである。

ダメージの大きさに拘わらず、1 波形当たりのパルス数が少ないほどダメージも少ないと示している。

したがつて、被洗浄体の一点に連続して照射される超音波を制限するために、共振周波数の高周波を重畠する搬送波の波形を規定することにより、被洗浄体の一点に、一回に連続して当たるパルス数を設定し、また、次のパルスが当たるまでの間に緩和時間を設けることで振幅の増加を防ぐことができる。

また、図 8 は搬送波の周波数とパーティクルの除去能力についての実験結果のグラフである。搬送波の周波数が 2500 Hz 以下では、パーティクルの除去能力については周波数による差異が存在しないことを確認した。

以上の各実験結果から、搬送波の周波数は、超音波を発振する振動子の共振周波数より低い値であればよく、一般には、1,000 Hz 以上が実用範囲であるが、アモルファスなどダメージに対してより強いものでは、より低い 100 Hz 程度でも許容される。逆に、配線パターンなどダメージに対してより弱いものは 10000 Hz 以上が実用範囲になる。

また、デューティー (Duty) 比 (印加時間 / 繰返し周期時間) に関しては、一度振り子の現象でゆれ始めた被洗浄体の所定箇所は、揺らされた時間とほぼ同程度の時間で停止すると考えられので、Duty 比を 50% 以下にすることが望

ましいが、Duty比を下げすぎると単位時間当たりに投入できる超音波のパワーが限られることと、所定個所が必ずしも静止するまで緩和する必要はないことから、被洗浄体の構造と材質にも依存するが、概ね、Duty比は80%以下が実用範囲である。

- 5 上記の第1の実施形態においては、超音波のオフ・オフを繰り返して照射する実施の形態を説明したが、以下の各実施の形態においては、超音波のオン・オフを行わないで、ダメージを低減する方法を説明する。

第2の実施の形態を図9を参照して説明する。図9は、第2の実施の形態に係る洗浄方法において照射する超音波パルスの波形を示す図である。本実施形態では、超音波のオン・オフは行わずに、連続照射の照射中に位相を180度ずらしている。なお、図9では、80パルス毎に位相が180度ずれている。このような照射方法を採用することにより、図10に示すように、位相をずらさないで連続照射を行った場合よりも、位相をずらした場合の方が、位相を90度、180度及び270度ずらした何れも場合においても、欠損数がほぼ100分の1になっていることが分かる。この理由は、連続して照射した場合には、図5Aから図6Fで説明したようなダメージがあるが、このように、途中で位相を変えることにより、共振を打ち消すように作用するので、欠損が少なくなると考えられる。

- 20 図11及び図12は、それぞれ、本実施の形態に係る照射方法を、詳細は後述する半導体装置（例えば、DRAM）のアクティブエリアと液晶ディスプレイの製造に適用した場合の欠損結果を示す。図11では、1200個/Wafer以上のパターン欠損がほぼ0になっており、図12では、9個/Wafer以上のパターン欠損が0になっている。従って、本第2の実施の形態によれば、パターン欠損を大幅に減少しながら有効に粒子を除去できる。

- 25 第3の実施の形態を図13を参照して説明する。図13は、第3の実施の形態に係る洗浄方法において照射する超音波パルスの波形を示す図である。本実施形態では、超音波の位相はそのままにして、一定時間毎にパルス幅を変えている。なお、図13では、1590kHzで80パルス、749kHzで40パルスを交互に照射している。このような照射方法を採用することにより、図14に示すように、パルス幅を同じにして連続照射を行った場合よりも、第2の実施の形態

と同様に欠損数がほぼ 100 分の 1 になっていることが分かる。この理由は、第 2 の実施の形態と同様に、途中でパルス幅を変えることにより、共振を打ち消すように作用するので、欠損が少なくなると考えられる。

図 15 及び図 16 は、それぞれ、本実施の形態に係る照射方法を、詳細は後述する半導体装置のアクティブエリアと液晶ディスプレイの製造に適用した場合の欠損結果を示す。図 15 及び図 16 共に、第 2 の実施の形態と同様に、パターン欠損を大幅に減少できることがわかる。

第 4 の実施の形態を図 17 を参照して説明する。図 17 は、第 3 の実施の形態に係る洗浄方法において照射する超音波パルスの波形を示す図である。本実施形態では、超音波の位相はそのままにして、一定時間毎にパルスの出力を変えていく。なお、図 17 では、30W で 80 パルス、5W で 80 パルスを交互に照射している。このような照射方法を採用することにより、図 18 に示すように、出力 30W で連続照射を行った場合よりも、第 2 の実施の形態と同様に欠損数がほぼ 100 分の 1 になっていることが分かる。この理由は、第 2 の実施の形態と同様に、途中で出力を変えることにより、共振を打ち消すように作用するので、欠損が少なくなると考えられる。

図 19 及び図 20 は、それぞれ、本実施の形態に係る照射方法を、詳細は後述する半導体装置のアクティブエリアと液晶ディスプレイの製造に適用した場合の欠損結果を示す。図 19 及び図 20 共に、第 2 の実施の形態と同様に、パターン欠損を大幅に減少できることがわかる。

上記の洗浄方法が適用される半導体装置のアクティブエリア及びゲートコンダクタの形成工程を説明する。デザインルールがあまり厳しくない場合には、ダメージはあまり問題にはならないが、デザインルールが厳しくなり、0.2 μm レベルになると、ダメージが出やすくなることが分かっている。本発明が適用される半導体装置の概略製造工程を図 21 A から図 21 C に示す。

まず、例えば、シリコン基板上にゲート絶縁膜（ゲート酸化膜）を形成し、その上部にゲートコンダクタを形成する。そして、ゲートコンダクタ上にゲートキヤップを構成する例えば SiN を形成し、その上部にレジスト膜を形成する。そして、レジスト膜を露光現像してパターンニングしてマスクを形成し、SiN 膜

5 をエッチングしてゲートキャップを形成する（図21A）。次に、レジストを除去して、表面を洗浄後に、ゲートキャップのマスクパターンに従って、ゲートコンダクタをゲート絶縁膜までエッチングする（図21B）。そして、表面を洗浄後に、ゲート側壁に酸化膜を形成して、ゲートの周囲にスペーサを形成して（図
21C）、例えば、DRAMのゲートが完成する。

10 上記のような半導体装置の製造において、エッチング等の工程の後には、その後の工程で他の層を形成するために表面を清浄にする必要があり、そのときに本発明に係る超音波による洗浄方法が効果的である。なぜならば、デザインルール
が $0.2\mu m$ レベルになると、超音波による洗浄を従来の方法で行った場合には、
15 図21Bの（a）或いは図21Cの（b）の部分で取れてしまい、パターン欠損となる可能性が大きくなる。ここで、上記のような工程で全く粒子除去の処理を行わなかつた場合には、例えば、 $0.13\mu m$ 以下のデザインルールでは歩留まりが50%以下となってしまう。また、従来の洗浄方法により超音波洗浄を行つた場合も同様である。ここで、本発明による洗浄方法を適用することにより、前述したようにパターン欠損がほぼ0になり、本発明が非常に有効であることがわかる。
20 また、本発明を適用する半導体装置としては、上述したようにデザインルールが $0.2\mu m$ 以下のものに適用することが好ましく、更に、アスペクト比（例えば、図21CにおけるH/W）が1以上のものに適用すると更に効果的である。また、金属配線については、 $0.7\mu m$ 以下のものに適用するのか効果的である。

次に、P-Si TFT方式の液晶ディスプレイのゲートを形成する工程での適用例について説明する。基本的な工程は、ガラス基板にSiN膜、SiO₂膜、
25 a-Si膜を形成した後、a-Si膜を洗浄する。その後、a-Si膜をアニールしてpoly化した後にマスクを形成し、poly-Si膜をエッチングしてゲートとなるpoly-Siの島を形成してその表面を洗浄する。そして、poly-Si膜上に絶縁膜、金属膜を形成した後、レジストを成膜、露光現像して金属膜をエッチングしてゲート線を形成している。

液晶ディスプレイの場合は、半導体に比べて面積が大きくなる。また、表示能力を向上させるために、開口部を大きくすることが望まれている。そのため、画

素部を大きくすると共に、ドライバ等の周辺回路部を小さくすることが必要になる。

液晶ディスプレイの製造工程では、上記のように半導体装置の製造工程に比べて大面積を短時間で洗浄することが必要なため、超音波洗浄では大きな投入パワーを必要とする。従来の洗浄方法による欠損数は、例えば図12に示すように10個以下ではあるが、液晶ディスプレイの場合には、冗長回路が無いため、これが致命的な欠損になる。しかし、本発明の洗浄方法を上記工程の洗浄工程に適用した場合には、上記の例えば図12に示したように、欠損数は0となり、非常に効果的であることがわかる。なお、半導体装置の場合には、デザインルールが0.2 μm以下でアスペクト比1以上が好ましいとしたが、液晶ディスプレイの場合には、デザインルールが5 μm以下でアスペクト比が0.05以上の場合に本発明の洗浄方法を適用することが好ましい。また、金属配線については、幅5 μm以下のものに本発明の洗浄方法を適用することが好ましい。

次に、上述の超音波洗浄方法を用いた超音波洗浄装置について説明する。図2-2は、超音波洗浄装置の洗浄部の模式図である。

超音波洗浄装置は枚葉スピンドル洗浄装置で、被洗浄体1である、例えば、半導体基板を、保持機構であるターンテーブル22に立設したピン23により保持している。ターンテーブル22の回転軸25は軸受27で軸支され、また、モータ26により回転駆動される。なお、軸受27はケーシング28に固定されている。ケーシング28は上部が開口され、開口に超音波洗浄ユニット30とが配置されている。超音波洗浄ユニット30は、図示しない振動子と振動板を内蔵し、被洗浄体1の洗浄面に対して平行に移動自在に設けられている。また、ケーシング28の下部には洗浄液4の排出口29a、29bが設けられている。

これらの構成により、図示しない駆動手段により振動子が所定間隔のON-OFF繰り返し駆動され、超音波洗浄ユニット30から半導体基板1の被洗浄面には、搬送波に重畠した超音波が印加された洗浄液4が供給され、半導体基板（被洗浄体1）に対してダメージを与えることなく洗浄する。

以上に述べたように、本発明によればダメージを与えることなく、良好な超音波洗浄を行うことができる。

Additional advantages and modifications will readily occur to those skilled in the art. Therefore, the present invention in its broader aspects is not limited to the specific details, representative devices, and illustrated examples shown and described herein. Accordingly, various modifications may be made without departing from the spirit or scope of the general inventive concept as defined by the appended claims and their equivalents.

WHAT IS CLAIMED IS:

10 1. 超音波を印加した洗浄液を被洗浄体に供給して、前記被洗浄体を洗浄する超音波洗浄方法において、

前記洗浄液に対して前記超音波を所定間隔でON-OFFを繰り返して印加する超音波洗浄方法。

15 2. 請求項1記載の洗浄方法において、前記超音波をパルス状の搬送波に重畠させている。

3. 請求項2記載の洗浄方法において、前記搬送波の周波数は、前記超音波の発振周波数より低い。

4. 請求項1記載の洗浄方法において、前記超音波の発振周波数が0.6MHz以上である。

20 5. 請求項1記載の洗浄方法において、搬送波のデューティー比が80%以下である。

6. 第1の超音波を照射して被洗浄物を洗浄する第1の工程と、

第2の超音波を照射して被洗浄物を洗浄する第2の工程とを具備する洗浄方法。

7. 請求項6のいずれかに記載の洗浄方法において、前記第1の超音波と前記第2の超音波とを順次一定間隔で変えながら被洗浄物を照射して洗浄する。

25 8. 請求項6のいずれかに記載の洗浄方法において、前記超音波の発振周波数が、0.6MHz以上である。

9. 請求項6に記載の洗浄方法において、前記第1の超音波と前記第2の超音波は、位相、波長、振幅のいずれか1つが異なる。

10. 請求項 9 に記載の洗浄方法において、前記第 2 の超音波の波長は、前記第 1 の超音波の波長の整数倍もしくは整数分の 1 の波長とは異なる。

11. 請求項 9 に記載の洗浄方法において、前記第 1 の超音波と前記第 2 の超音波とを順次一定間隔で変えながら被洗浄物を照射して洗浄する。

5 12. 請求項 9 に記載の洗浄方法において、前記超音波の発振周波数が、 0.6 MHz 以上である。

13. 幅 0.2 μm 以下、アスペクト比 1.0 以上の凸形状の構造物を含むパターンが形成された表面を、第 1 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程と、第 2 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程とにより洗浄する半導体装置の製造方法。

14. 請求項 13 に記載の半導体装置の製造方法において、前記第 1 の超音波と前記第 2 の超音波は、位相、波長、振幅のいずれか 1 つが異なる。

15. 金属配線が露出した表面を、第 1 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程と、第 2 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程とにより洗浄する半導体装置の製造方法。

16. 請求項 15 に記載の半導体装置の製造方法において、前記第 1 の超音波と前記第 2 の超音波は、位相、波長、振幅のいずれか 1 つが異なる。

17. Si 或いは金属配線が露出した表面を、第 1 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程と、第 2 の超音波を照射して洗浄する第 1 の工程とにより洗浄するアクティブマトリクス型表示装置の製造方法。

18. 請求項 17 に記載のアクティブマトリクス型表示装置の製造方法において、前記第 1 の超音波と前記第 2 の超音波は、位相、波長、振幅のいずれか 1 つが異なる。

Abstract of the Disclosure

25 超音波を印加した洗浄液を被洗浄体に供給して、前記被洗浄体を洗浄する超音波洗浄方法において、前記洗浄液に対して前記超音波を所定間隔で ON-OFF を繰り返して印加する。